

¹В.П. Зінченко, канд.техн.наук
²Н.П. Зінченко

МОНІТОРИНГ ТЕНЗОМЕТРИЧНИХ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

¹Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”,
 e-mail: midnight@i.com.ua

²Інститут інформаційно-діагностичних систем НАУ, e-mail: midnight@i.com.ua

Виконано аналіз існуючої організації тензометричних експериментальних досліджень моделей літальних апаратів в аеродинамічних трубах як об’єкта автоматизації. Запропоновано нову технологію, сформовано вимоги до її функцій та структури.

Вступ

Основною метою проектних досліджень (ПД) при створенні літальних апаратів (ЛА) є формування вигляду майбутнього ЛА, визначення і оптимізація його характеристик.

Для цього використовують методи числових досліджень (ЧД) і методи експериментальних досліджень (ЕД) [1–3].

Числові дослідження включають математичні методи і методи обробки емпіричного матеріалу для осмислення, аналізу, синтезу, узагальнення і добору факторів, виключення усього випадкового і несуттєвого для вирішення проектних задач. Вони спрямовані на формування структур конструкції ЛА та забезпечення заданих функціональних властивостей.

Методи ЕД включають комплекс заходів для фіксації і контролю стану досліджуваного об’єкта залежно від значень варійованих факторів.

У процесі ЕД на масштабних і напівнатурних моделях визначаються характеристики майбутнього ЛА, розробляються методи обробки даних експерименту (ДЕ), виконується синтез експериментально-статистичних моделей. Експериментальні методи є апробацією моделей ЛА (МЛА) для встановлення адекватності реальних і заданих характеристик та для уточнення їх значень.

Аналіз методів ЧД і ЕД, який був виконаний на макроскопічному (місце і призначення методів у ПД) і мікроскопічному (структури організації методів, їх склад і взаємозв’язки) рівнях показав, що ПД ЛА включають етапи, які показані на рис. 1.

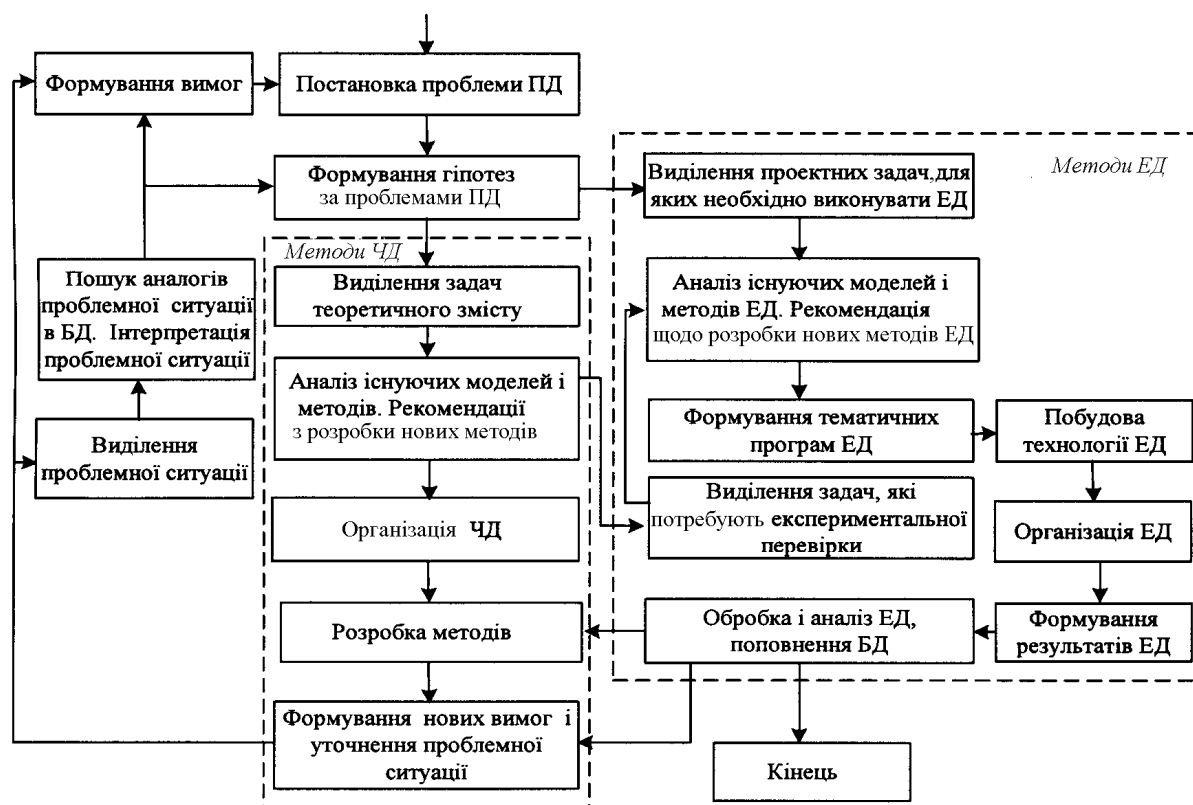


Рис. 1. Організація проектних досліджень

Ефективність комп'ютерних проектних досліджень

У вихідному (докомп'ютерному) розумінні одним із неодмінних агентів ПД є дослідник, який реалізує процес і взаємодіє з визначеним видом раціональної діяльності (предметна область (ПО), рис. 2, а).

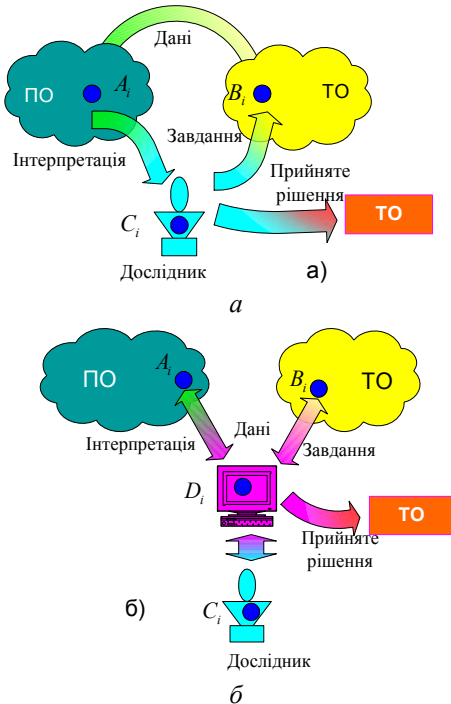


Рис. 2. Схема ПД:
а – докомп'ютерні; б – комп'ютерні

У комп'ютерних ПД з'являється новий об'єкт – комп'ютер, і дослідник взаємодіє з тією самою ПО і комп'ютером (рис. 2, б).

У докомп'ютерних ПД взаємодія дослідника з ПО складається з двох взаємозалежних етапів.

На першому здійснюється передача інформації, на другому – дослідник (у режимі спроба – обробка – аналіз – відповідь) на основі своїх знань, сприйняття і розуміння вербалізує її у вирішенні задачі ПД (декларується як проект ЛА). При цьому основним є питання: що і як необхідно досліджувати в даний час.

Для відповіді на це питання необхідно відповісти на інше: що таке проект ЛА. Саме тому дослідник повинен уміло поєднувати два зазначені етапи ПД – декларативний (вивчення апіорної інформації) і екзаменаційний (формування уявлення про ЛА).

Комп'ютерні ПД реалізуються інакше. Середовище ставить перед дослідником задачі, дослідник вирішує їх, а комп'ютерні засоби проектування оцінюють правильність таких рішень, які мають наглядний і конкретний вигляд проекту ЛА (схеми, дво- і тривимірні зображення тощо).

Комп'ютерні ПД генерують напрям ПД, який дає відповіді на запитання: яку задачу варто розв'язувати досліднику в даний момент. Це можливо, тому що комп'ютерна модель проектного ЛА може бути синтезована на основі апіорної інформації (результати колишніх ПД), і міститься в базі даних (БД). Тому комп'ютерні ПД несуть подвійне навантаження: з одного боку, поставляють інформацію досліднику про модель ЛА (синтез), з іншого – вказують на правильний шлях виконання ПД (аналіз).

У цьому випадку невідомі властивості ЛА є тією “рушійною силою”, яка дозволяє ідентифікувати ЛА і проводити ПД найбільш ефективно, тобто з урахуванням апіорної інформації і рівня знань дослідника про проект ЛА.

На рис. 3 показана порівняльна схема докомп'ютерних і комп'ютерних ПД.

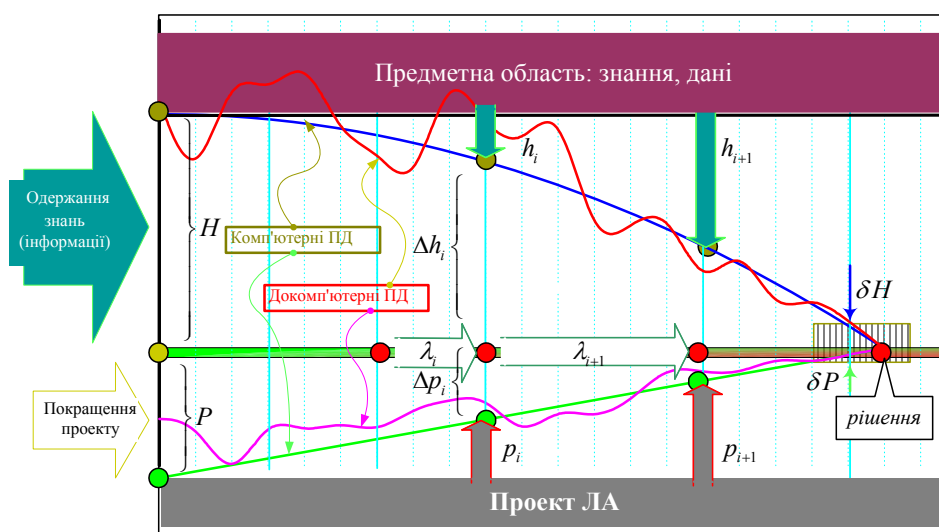


Рис. 3. Докомп'ютерні і комп'ютерні ПД:

H – знання, яким необхідно доповнити ПО для реалізації проекту ЛА; P ; h_i , p_i – інформація (знання) і частка поліпшення проекту, які отримані на i -му кроці ПД; Δh_i , Δp_i – необхідний рівень знань (інформації) і проекту ЛА, які необхідні на i -му кроці ПД; λ_i – значення напрям ПД, які дозволяють найшвидше досягти меті P ; δP – допустима непогодженість проекту ЛА; δH – відповідно допустимий рівень знання

Ефективність комп'ютерних ПД забезпечено гарантованим поліпшенням проекту ЛА ($p_{i+1} \geq p_i$), як цілеспрямованого поліпшення знань, тобто $h_{i+1} \geq h_i$.

Прогнозування λ_i виконується на підставі апріорної інформації, яка дозволяє виконати очікуваний проект P за кінцеву кількість кроків, тобто

$$\lambda_{i+1} = \psi \left(\lambda_i, \bigcup_{k=0}^i h_k, \bigcup_{k=0}^i p_k \right)$$

де $h_{i+1} = \phi(\lambda_i, h_i, p_i)$, $p_{i+1} = \phi(\lambda_i, h_i)$.

Комп'ютерні ПД – це процес набуття знань (інформації) $H = \lim_{i \rightarrow \infty} h_i$, які дозволяють вирішити головну задачу ПД – розробку заданого проекту ЛА P , тобто $P = \lim_{i \rightarrow \infty} p_i$. Проекти дослідження припиняються за умови $|p_{i+1} - p_i| \leq \delta P$.

Відзначимо ще і таку специфіку комп'ютерних ПД: середовище генерує задачі за своїми власними законами, тобто дослідник завжди виконує те, що потребує від нього середовище (а не уявлення дослідника про те, що потрібно досліджувати). Така важлива обставина вигідно відрізняє комп'ютерні ПД від докомп'ютерних.

Оскільки докомп'ютерні ПД таких властивостей не мають, то це призводить до неефективних проектів ЛА або до проектів “що вийшло”. Однак комп'ютерні ПД обмежуються лише оцінкою дій дослідника і не підказують, як вирішувати задачі. Але оцінка, особливо негативна, не вказує, як треба було вирішувати задачу (єдине – не так, як це було зроблено). Тому подана схема комп'ютерних ПД може застосовуватися для випадку маловаріантних рішень. Усувається цей недолік підказкою про правильне рішення типових задач ПД (проектування “за аналогією”).

Постановка задачі

Проблема створення інформаційної технології (ІТ) тензометричних ЕД в аеродинамічних трубах (АДТ) базується на протиріччі між існуючими і необхідними методами і засобами, що відповідає якісному внеску ІТ в ПД (рис. 3).

Найбільш проблемним етапом у проектуванні ЛА є ЕД в АДТ, які дозволяють вивчити вплив потоку газу на ЛА. Тому задача забезпечення ЕД в АДТ формулюється як задача розробки пристроїв, систем і методів для визначення безрозмірних аеродинамічних коефіцієнтів ($c_x, c_y, c_z, m_x, m_y, m_z$) і розподілу тиску $\bar{p} = f(\alpha, \beta, V_\infty, l, \dots)$ на МЛА в різних умовах.

Оскільки тензометричні ЕД в АДТ є трудомісткими і складними, то задача їх удосконалення є важливим напрямом підвищення ефективності ПД ЛА.

Вирішити цю задачу пропонується шляхом створення ІТ тензометричних ЕД в АДТ, яка дозволить комплексно визначати й оцінювати характеристики ЛА на етапах їх створення, виробництва та експлуатації [1; 2; 4].

Основними передумовами створення ІТ є такі фактори: розвиток комп'ютерної техніки, у т. ч. робочих станцій (РС) на базі персональних комп'ютерів (ПК), і периферійних пристроїв; великий вибір модулів у стандарті VXI/VME, MicroPC, ADAM та ін.; зниження показника вартість – продуктивність для комп'ютерної техніки; апаратна і програмна сумісність; середовища програмування; наявність ефективних систем керування базами даних (СКБД) і т.п.

Аналіз експериментальних досліджень

Постановка задачі створення ІТ тензометричних ЕД в АДТ передбачає виконання системного аналізу ПО, який спрощує проектування і дозволяє перевірити ефективність ІТ до її реалізації. Для цього запропоновано метод, який базується на принципі представлення об'єкта досліджень як системи взаємозв'язаних елементів, їх властивостей і якостей (рис. 4).

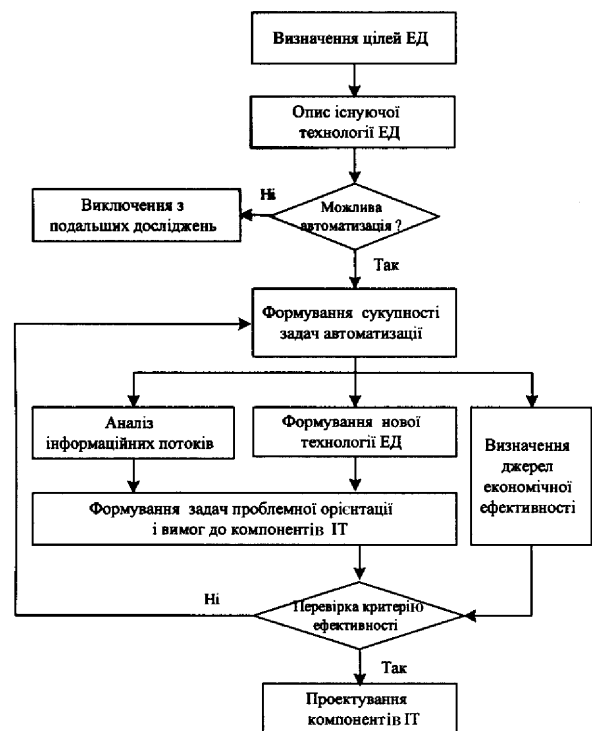


Рис. 4. Процедура системного аналізу

Аналіз (зверху – вниз) і синтез (знизу – вгору) виконуються циклічно як послідовність взаємозалежних етапів і процедур прийняття рішень, де визначаються задачі автоматизації і формуються функціональні структури майбутньої ІТ [3; 4].

В основу методу системного аналізу покладено стратифікований опис, який дозволяє виділити конкретні аспекти і процеси ЕД в АДТ. Стратифікація виконується за такими рівнями:

- опис структур ЕД (страта 1);
- визначення характеристик функцій, які забезпечують виконання ЕД, обробку, аналіз і інтерпретацію ДЕ (страта 2);
- виявлення джерел економічної ефективності ІТ (страта 3).

Кожна страта характеризує визначений аспект ЕД і має свій власний набір інструментальних засобів аналізу. Так, на першій стадії системного аналізу визначається мета ЕД (страта 1), характеристики і параметри ЕД (страта 2) та джерела економічної ефективності (страта 3).

Стратифікований опис ЕД на другій стадії системного аналізу складається з таких етапів:

- визначення характеристик експериментальних і теоретичних робіт (страта 1);
- визначення кількісних оцінок факторів економічної ефективності (страта 2).

На третій стадії системного аналізу визначаються показники ефективності ІТ, які еквівалентні одному ефекту – зменшенню терміну проектування ЛА. Економічний ефект від впровадження ІТ запропоновано оцінювати за формулою ефективності витрат

$$E_p = \frac{\Theta}{\Theta_0},$$

де Θ_0 – загальні витрати на розробку ІТ; Θ – річний економічний ефект.

При цьому прийнятним вважається $E_p \leq 0,2$ [1; 3; 4].

Аеродинамічні тензометричні ваги

Аналіз показує, що для визначення в прийнятій системі координат проєкцій вектора (компонентів) повної сили (X, Y, Z) і вектора повного моменту (M_x, M_y, M_z), які діють на МЛА, використовуються різні типи аеродинамічних тензометричних вагів (АВТ) [4–8]. Загальні АВТ складаються з пристрою кріплення МЛА, рухомої платформи, яка жорстко з'єднана з МЛА і сприймає дію сили та моменту від МЛА, системи розкладу сили на компоненти, вагових елементів (ВЕ), які з'єднані з системою розкладу сили, основної (жорсткої) платформи, до якої приєднуються ВЕ та яка з'єднана з механізмами зміни кута атаки α і кута ковзання β , тензорезисторів (ТР) і тензодатчиків (ТД), які утворюють інформаційні канали АВТ (рис. 5).

Відповідно до мети ЕД використовуються статично визначені і невизначені АВТ. Як первинні датчики застосовані ТР, які наклеюють-

ся на пружні балки ВЕ, і зібрані у вимірювальні мости – ТД.

Залежно від поставленої задачі кількість компонентів в АВТ може бути від однієї до шести. Так, наприклад, для симетричної МЛА використовуються трикомпонентні АВТ, які вимірюють піднімальну силу, силу опору і момент тангажу. При вивченні питань керування ЛА використовуються чотирикомпонентні АВТ, які вимірюють ще і момент крену. Найчастіше для вимірювання сили опору і піднімальної сили або однієї з компонент моменту застосовуються одно- і двокомпонентні АВТ [9].

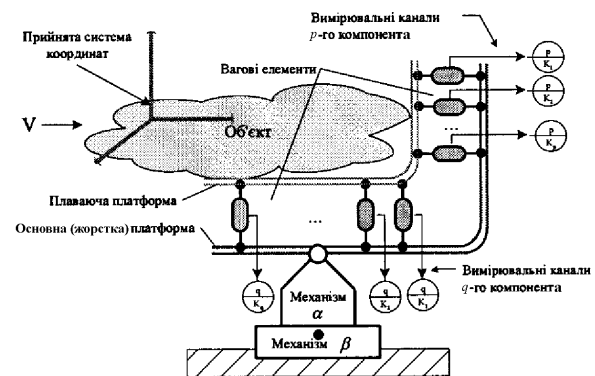


Рис. 5. Структурна схема АВТ

Наприклад, “стрижневі” АВТ (рис. 6) дозволяють визначати аеродинамічні навантаження за деформаціями у різних точках поверхні консольного стрижня в зв'язній системі координат $Ox_1y_1z_1$.

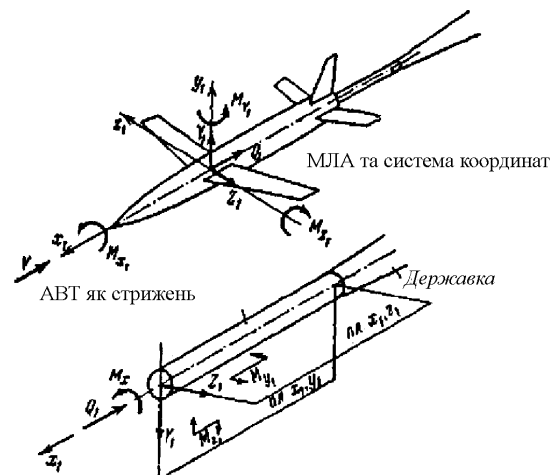


Рис. 6. АВТ як стрижень, що згинається в двох площинах

Такі АВТ дозволяють із високою точністю вимірювати силу і момент ($Y_1, M_{z_1}, Z_1, M_{y_1}$), які викликають у стрижні деформації згину. Звичайно тангенціальна сила Q_1 і поперечний момент M_{x_1} викликають незначні деформації стискання

і крутіння, і їхнє точне вимірювання можливе шляхом утворення (механічна обробка) пружних елементів у стрижні [5; 6; 8; 9].

Ці приклади вказують на актуальні задачі конструктивної досконалості АВТ: формування кінематичної схеми, розташування ТД, визначення конструкції і геометричних форм БЕ, визначення деформацій, впливу компонентів, зменшення або виключення взаємодії шляхом застосування компенсаційних схем у вимірювальних мостах ТД і т.п.

Аналіз показав, що АВТ можна вважати дифузійною (неорганізованою) системою, де неможливо чітко виділити окремі явища, оскільки неможливо встановити “перегородки”, які розмежовують дію компонентів. Однак визначення аеродинамічних навантажень на МЛА за допомогою АВТ можливе шляхом використання їх математичних моделей (ММ), які встановлюють достовірні зв’язки вхідних (навантажень) і вихідних (реакції у БЕ) даних АВТ (рис. 7):

$$Y_j = \varphi(X_i, i=1, 2, \dots, m), j=1, 2, \dots, n;$$

$$X_i = f(\eta_{ik}, k=1, 2, \dots, p_i), i=1, 2, \dots, m,$$

де φ, f – ММ j -го компонента АВТ і i -го інформаційного каналу БЕ; η_{ik} – k -й ТД i -го БЕ; p_i – кількість ТД в i -му БЕ; n, m – кількість компонентів і БЕ в АВТ.

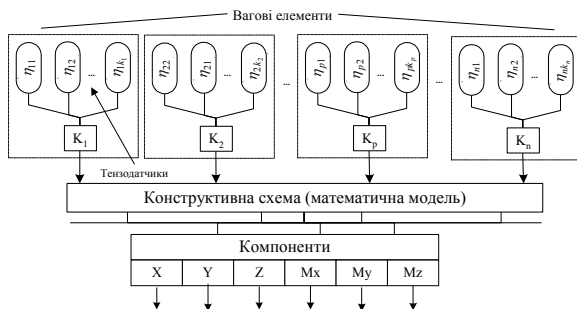
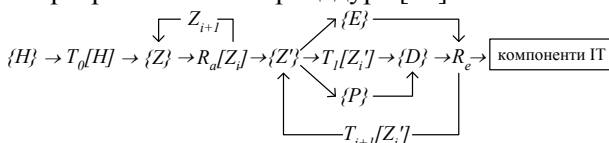


Рис. 7. Інформаційні канали АВТ

Для виявлення реальних властивостей АВТ і їх ММ запропоновано використовувати експериментально-статичні методи і методи математичної теорії планування експерименту (МТПЕ) [5–8; 10].

Технологія досліджень

Тензометричні ЕД МЛА в АДТ (рис. 8) мають особливості, які і визначають вимоги до технології ЕД [3]. Для виконання системного аналізу ЕД в АДТ на основі методу стратифікованого опису ПО розроблена така процедура [11]:

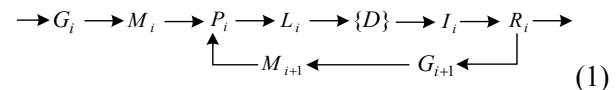


де H – цілі ЕД; T – технологія ЕД; $Z = \{z_i\}_{i=1}^n$ – задачі ЕД, в тому числі ті, які підлягають автома-

тизації (Z'); P – інформаційні потоки; D – вимоги до ІТ; E – джерела економічної ефективності, R_a, R_e – критерії прийняття рішень.

Перелік і характеристики устаткування, яке використовується в тензометричних ЕД, параметри автоматичного контролю і регулювання, оцінки обсягів оброблюваних ДЕ, кількісні та якісні характеристики інформації наведені в праці [10].

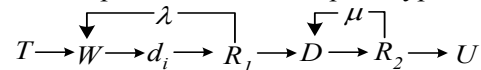
Дослідження технології тензометричних ЕД в АДТ показує, що в її основі лежать періодичні процеси, які можна описати так [1; 3; 4]:



де G_i – гіпотеза ЕД; M_i – МЛА; P_i – програма ЕД; L_i – алгоритми обробки ДЕ; D – формування ЕД; I_i – інтерпретація ЕД; R_i – критерій досягнення мети.

Технологія ЕД (1) передбачає досягнення поставленої мети на одному з ітераційних кроків і супроводжується такими проектними документами: програма ЕД; опис агрегатів і вузлів МЛА; характеристики інформаційно-вимірювальної системи (ІОС); ДЕ; результати обробки ДЕ та ін. [1; 3; 4]. Інформація зберігається в БД і обробляється засобами файлової системи керування БД (СКБД). Частина інформації представлена на паперових і мікрографічних носіях, має місце ручна обробка інформації.

Для опису життєвого циклу проектних документів запропонована така процедура:



де T – ідея створення; W – розробка; d_i – варіанти; D – публікація; λ, μ – доробка (використання); R_1, R_2 – оцінка та ухвалення рішення про публікацію (утилізацію); U – утилізація.

У результаті системного аналізу встановлено, що тензометричні ЕД реалізуються засобами спеціалізованого проблемно-орієнтованого комплексу, що дозволяє збирати і обробляти ДЕ, контролювати і керувати устаткуванням АДТ і ІОС. Для керування ЕД та обладнанням АДТ в РЧ розв’язуються спеціальні задачі, де виконуються розрахунок параметрів $M_\infty, \alpha, \beta, q_\infty$ і т.п.

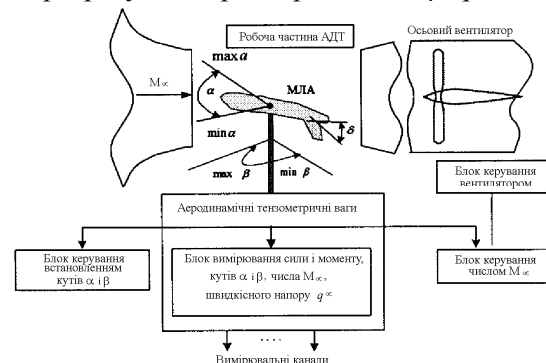


Рис. 8. Тензометричні ЕД МЛА в АДТ

Обробка ДЕ виконується як у РЧ, так і після виконання ЕД. Обробка і документування ЕД, формування аеродинамічних характеристик МЛА і аналіз ДЕ виконується засобами автоматизації, де використовуються методи МТПЕ, статистичного аналізу, розв'язку лінійних алгебричних рівнянь, сплайн-інтерполяції, визначення характерних значень функцій тощо [7; 10].

Проблематика досліджень

Виконаний системний аналіз існуючої технології тензометричних ЕД в АДТ показав такі її недоліки:

- відсутність єдиної ІТ обробки й аналізу ДЕ;
- недосконалість методів обробки ДЕ і як наслідок наявність “грубих” помилок;
- недостатні функціональні можливості методів обробки і аналізу ДЕ;
- повільний пошук і доступ до даних; недостатня надійність збереження інформації;
- відсутність автоматизованих засобів документування і збереження проектної інформації;
- відсутність обробки ДЕ в РЧ.

Сучасний рівень розвитку комп'ютерної техніки і прикладних ІТ дозволили сформулювати такі напрями вдосконалювання технології тензометричних ЕД:

- розширення функціональних можливостей;
- об'єднання окремих етапів обробки ДЕ і формування проектних рішень у єдину ІТ;
- розробка нових методів і нових технологічних рішень.

При цьому ключовими складовими удосконалювання технології тензометричних ЕД є:

- набори ДЕ d_i ;
- методи (алгоритми) їх обробки a_i ;
- характеристики МЛА x_{ij} , які визначені на підставі i -го набору ДЕ при використанні j -го методу (алгоритму) [1–3].

Позначимо як $D = \{d_i\}_{i=1}^n$, $n \in N$ набори ДЕ, що одержані при ЕД, $A = \{a_j\}_{j=1}^m$, $m \in N$ – існуючі методи (алгоритми) обробки ДЕ, $X = \{x_{ij}\}$, $i = \overline{1, n}$; $j = \overline{1, m}$ – характеристики МЛА, отримані з ЕД на основі застосування методів (алгоритмів). Тоді основні напрями вдосконалення тензометричних ЕД в АДТ можна визначити як: збільшення об'єму ДЕ $\hat{D} = \{d_i\}_{i=n+1}^{n+v}$, $v \in N$; збільшення об'єму характеристик МЛА $\hat{X} = \{x_{ij}\}$, $i = \overline{1, n}$; $j = m+1, m+2, \dots, m+\eta$, $\eta \in N$, які одержані на існуючих ДЕ D за рахунок розширення функцій, тобто за рахунок нових методів (алгоритмів) обробки ДЕ $\hat{A} = \{a_j\}_{j=m+1}^{m+\eta}$ з урахуванням існуючої методичної бази A .

У загальному випадку ЛА як технічний об'єкт має властивості T^0 , які визначаються кінцевою множиною отриманих на підставі ДЕ характеристик МЛА X^0 :

$$T^0 = \Phi(X^0), \quad (2)$$

при відомих обмеженнях:

$$N(X^0) < N_0, V(X^0) = V_0, \quad (3)$$

де N, V – обмеження типу нерівності, рівності, N_0, V_0 – межові значення.

Значення гіпотетичних характеристик X^0 нового ЛА визначаються на підставі даних ЕД МЛА, де ДЕ з відомою похибкою (Δ) підтверджують властивості ЛА:

$$T = \Phi(X^0) + \Delta. \quad (4)$$

Наявність ЛА-аналога означає існування апріорної інформації T' (дані за аналогією), що забезпечена множиною технічних рішень

$$X' = \{x'_{ij}\}, i = \overline{1, k}, j = \overline{1, p}, k < n, p < m;$$

$$T' = \Phi(X'); \quad (5)$$

при відомих обмеженнях:

$$N'(X') < N'_0, V'(X') = V'_0. \quad (6)$$

Якщо допустити, що до початку ЕД існує ЛА-аналог, відомі його характеристики X' і обмеження (6), тоді постановку задачі визначення характеристик нового ЛА X^0 можна сформулювати як розв'язок задачі визначення властивостей ЛА (2) при обмеженнях (3) і початкових умов (5), (6) за мінімальну кількість кроків при заданій похибці (4).

Таким чином, на інформаційному рівні проблемі визначення характеристик нового ЛА можна сформулювати як визначення додаткових даних до існуючих даних T' , які б забезпечили необхідні властивості нового ЛА (T). Саме існування апріорної інформації T' дозволяє істотно скоротити ЕД за рахунок використання ДЕ, які були одержані раніше. Такий підхід і є ще одним способом удосконалення ЕД.

Аналіз показує, що реалізувати запропонований підхід можна шляхом застосування ІТ (єдине середовище), яка дозволяє збільшити обсяг одержуваних за один дослід характеристик МЛА

$$\hat{X} = \{x_{ij}\}, j = n+1, n+2, \dots, n+\eta,$$

$$j = m+1, m+2, \dots, m+\eta$$

порівняно з X , які можна було одержувати за існуючою технологією ЕД.

У загальному випадку

$$\bar{D} = D \cup \hat{D}, \bar{A} = A \cup \hat{A} \text{ і } \bar{X} = X \cup \hat{X},$$

де \bar{D} – ЕД, отримані засобами нової ІТ; \bar{A} – методи (алгоритми) обробки ДЕ в ІТ; \bar{X} – характеристики МЛА, отримані засобами ІТ.

Для вирішення задачі визначення властивостей нового ЛА T^0 у викладеній вище постановці

запропоновано узагальнений алгоритм (рис. 9), графічна інтерпретація якого показана на рис. 10, що відповідає такій процедурі.

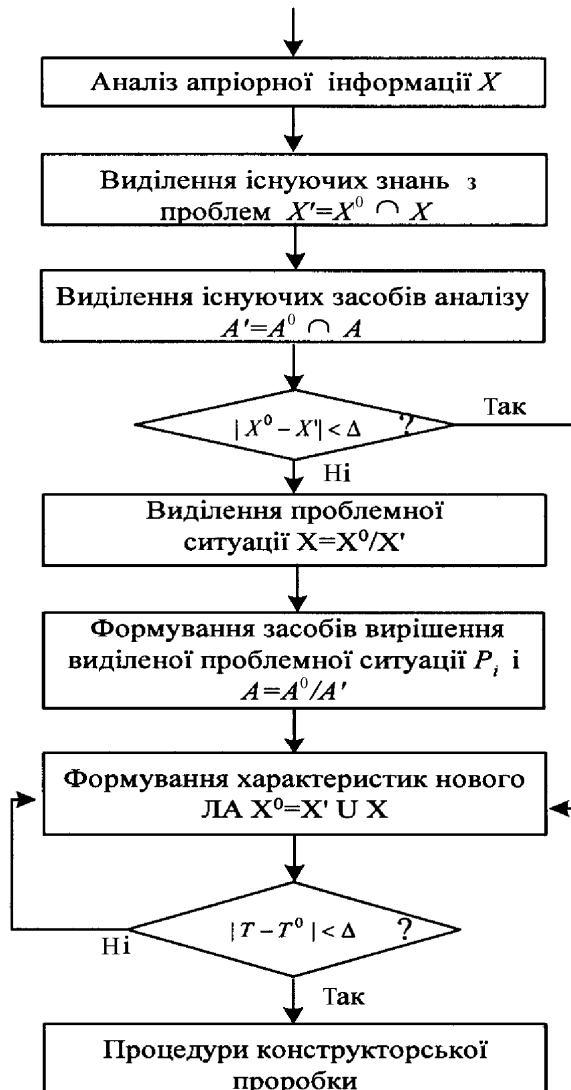


Рис. 9. Алгоритм ІТ ЕД:
Р_і – програма ЕД

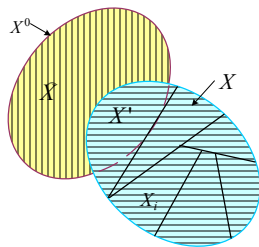


Рис. 10. Розширення проектних задач

Крок 1. Аналіз апіорної інформації X .

Крок 2. Виділення існуючих знань з проблеми $X'=X^0 \cap X$ і існуючих засобів аналізу $A'=A^0 \cap A$.

Крок 3. Якщо обрані засоби придатні для вирішення проектної задачі ($|X^0 - X'| < \Delta$), то перейти на крок 5. Інакше на крок 4.

Крок 4. Визначення проблемної ситуації $\hat{X} = X^0 / X'$ і формування засобів її вирішення: скласти завдання на ЕД для одержання \hat{D} , сформулювати задачу розробки нових засобів аналізу $A=A^0/A'$.

Крок 5. Формування характеристик нового ЛА $X^0=X' \cup \hat{X}$.

Крок 6. Якщо проблема вирішена ($|\tilde{T}^0 - T^0| < \Delta$?, де \tilde{T}^0 – гіпотетичні властивості ЛА), то перейти на крок 7. Інакше на крок 5.

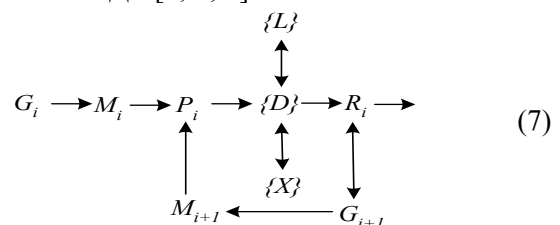
Крок 7. Конструкторська проробка проекту ЛА.

Крок 8. Кінець.

Поданий алгоритм поєднує як етапи обробки ДЕ, так і формування проектних рішень у єдиний інформаційний простір, що істотно прискорює процес одержання кінцевих результатів ЕД.

Дослідження предметної області з використанням методів системного аналізу і стратифікованого опису ЕД показує, що існуюча технологія ЕД в АДТ – це розосереджене виконання технологічних операцій і етапів ЕД, які при використанні ІТ можуть бути реалізовані в межах декількох РС.

На підставі аналізу комп'ютерних засобів і сучасних ІТ, застосування принципу проблемної орієнтації, а також можливість об'єднання технологічних операцій і етапів ЕД в єдиний ІТ запропонована така нова вдосконалена технологія ЕД МЛА в АДТ [1; 3; 4]:



Ефективність технології ЕД досягається за рахунок паралельного виконання операцій формування D , обробки L ДЕ і інтерпретації отриманих результатів X . Такі ЕД мають ітераційний характер, і якщо бажаний результат досягнутий (виконаний критерій R_i), то вони припиняються. В іншому випадку уточнюється гіпотеза G_{i+1} , модифікується МЛА M_{i+1} і цикл повторюється за новою програмою P_i . Запропонована технологія (7) дозволяє впливати на ЕД у РЧ, що підвищує якість кінцевих результатів.

Вимоги до компонентів

Вирішити задачу визначення характеристик ЛА в постановці (2)–(6) можна шляхом створення нової ІТ, що реалізує узагальнену процедуру тензометричних ЕД в АДТ, яка показана на рис. 9.

Слід зазначити, що в основу поняття ІТ у цій праці покладено уявлення її як технології органі-

зації і переробки інформації. Це дає можливість визначити ІТ як цілісну технологічну систему, яка характеризується визначеною структурою і складається з таких компонентів: інформаційної, методичної, програмної, апаратної, організаційної (рис. 11).

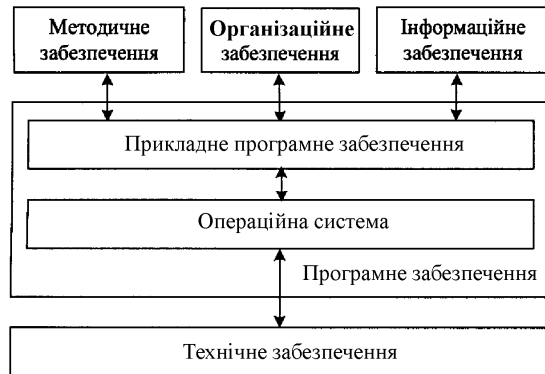


Рис. 11. Компоненти ІТ і їх взаємодія

Основне місце в структурі ІТ займає інформаційний компонент – сукупність різноманітної інформації (ДЕ, програми ЕД, схеми МЛА, таблиці, графіки тощо), яка подана у різних формах (паперовій, електронній та ін.) і на різних носіях (накопичувачі на магнітних дисках – НМД, CD-ROM та ін.).

Методичний компонент (методичне забезпечення) – це сукупність методів, алгоритмів і моделей, необхідних для вирішення задач збору, обробки, аналізу ДЕ і визначення характеристик ЛА. Методичний компонент дозволяє змінювати постановку задач тензометричних ЕД, зміст етапів ЕД і вимоги на умови проектування компонентів ІТ.

Програмний компонент поєднує всі програмні засоби (операційна система (ОС), СКБД, комплекс програм (КП) та ін.), а також засоби підтримки функцій ІТ, і її функціонування як єдиної системи. Апаратний компонент – це сукупності взаємозалежних технічних засобів (зв'язок з АДТ, ІОС і АВТ, відображення ДЕ та ін.), об'єднаних у комплекс апаратних засобів для підтримки технології ЕД і забезпечення функціонування інших компонентів ІТ.

Організаційне забезпечення – це система заходів раціональної організації тензометричних ЕД і забезпечення взаємодії дослідників з ІТ.

Склад компонентів ІТ визначаються необхідними процесами і ресурсами. Якщо розглядати тільки інформаційну категорію, то ресурси ІТ – це інформаційні утворення (дані, інформація), а процеси – це процедури їх обробки та аналізу.

Найбільшою структурною одиницею ресурсу є база проектних даних, а процесу – процедура інтерпретації моделей процесів для прийняття проектних рішень. Найменший елемент даних –

це значення конкретного параметра у визначених умовах, а для процесу – це обчислювальний модуль розрахунку значень параметрів.

Процес тензометричних ЕД в АДТ є ітераційним (7) і потребує виконання аналізу і перетворення інформації в процесі пошуку проектних рішень. Процеси обробки ДЕ поєднуються в прикладне програмне забезпечення (ПЗ).

Користувачу ІТ пропонується не конкретний метод обробки ДЕ, а алгоритм дій для виконання необхідних обчислень за тріадою “метод–алгоритм–програма”. Можна вважати, що ІТ інтегрує інформацію і процеси ЕД, а також синтезує й аналізує моделі ДЕ, отримані методами ЕД.

Реалізувати запропоновані вище рішення (удосконалення технології тензометричних ЕД) можливо шляхом створення нових засобів Ψ , які забезпечують одержання даних \hat{D} і реалізацію уніфікованих методів (алгоритмів) \hat{A} , що приводить до збільшення інформативної ємності ЕД (\hat{X}). Тут під засобами $\Psi = \{\psi_i\}_{i=1}^{\xi}$, $k, \xi \in N$ розуміється сукупність методів, алгоритмів, КП, технічних засобів тощо, які забезпечують реалізацію технології (7).

Зазначимо, що ці нові засоби, у свою чергу, використовуються для підтримки таких компонентів ІТ: інформаційної Ψ^f , методичної Ψ^m , програмної Ψ^p , технічної Ψ^t та організаційної Ψ^q , тобто $\Psi = \{\Psi_i^j\}_{i=1}^{n_f}$, $j = [f, m, p, t, q]$, $n_f \in N$. При цьому важливою проблемою є розробка методів їх проектування, тому що саме раціональне проектування компонентів визначає ефективність ІТ. Під проектуванням у статті мається на увазі сукупність етапів робіт зі створення компонентів ІТ з урахуванням їх єдності та інтеграції для реалізації технології (7). Задачі проблемної орієнтації $Z = \{z_q\}$, $q = \overline{1, \tau}$ ІТ тензометричних ЕД в АДТ впливають з їх призначення і таких специфічних особливостей технології, які відомі з системного аналізу:

- територіальна і функціональна розосередженість ІОС, АДТ і РМ;
- використання ІОС для якої характерні похибки і тривалий процес реєстрації ДЕ;
- суттєва тривалість ЕД;
- необхідність довгострокового використання ДЕ (вимоги до надійності їх збереження);
- періодичний характер ЕД;
- багатофакторність досліджуваних процесів;
- зміна параметрів у РЧ;
- залежність динамічних характеристик АДТ від МЛА (потребує адаптивних методів контролю і керування);

– параметричність ЕД (потребує постійних змін технологічного режиму і забезпечення програмного керування), складні методи інтерпретації ДЕ, які виконуються дослідником в інтерактивному режимі взаємодії з ІТ;

– складний характер процесів зі швидкою зміною обставин;

– дефіцит часу на прийняття рішень.

При проектуванні сучасної ІТ необхідно враховувати раніше виконані роботи [1; 3; 4].

Наявність зазначених особливостей трансформується в необхідність формування уніфікованих вимог до функціонального наповнення ІТ як таких груп функцій:

– інформаційні: автоматична реєстрація, контроль помилок, експрес-обробка, обробка ДЕ; реєстрація і оперативне відображення технологічних параметрів у РЧ; виявлення і реєстрація відхилень параметрів від норми; введення і виведення експериментальної інформації; збереження, пошук даних (засобами СКБД), зв'язок з центральною БД; аналіз, обробка і документування ДЕ; колективний доступ до проектної інформації;

– керуючі: програмне керування АДТ, ІОС і МЛА в робочій частині АДТ; забезпечення контролю апаратури; адаптивне керування ЕД; програмне керування параметрами, при яких повинні бути виконані ЕД; визначення ММ АВТ і ТД.

Системний аналіз існуючих засобів підтримки тензометричних ЕД показує, що вони орієнтовані на вирішення задач збору, первинної і вторинної обробки ДЕ, контролю і керування ЕД, а також діалогової взаємодії користувача з системою. При цьому функціональні можливості зазначених засобів обмежені і спрямовані на автоматизацію тільки найбільш трудомістких задач тензометричних ЕД.

Застосовувані для контролю експериментального процесу і стану устаткування алгоритми і методи передбачають порівняння контрольованих значень з еталонними (задаються апаратно), не забезпечують достатню вірогідність ДЕ і потребують постійного контролю правильності роботи апаратури (наприклад, опорних напружень) [3].

Використовуваний метод визначення градувальних характеристик АВТ і ТД дає велику похибку за рахунок помилок у визначенні постійного коефіцієнта та ігнорування нелінійними властивостями компонентів [5; 6; 8].

Вторинна обробка ДЕ не передбачає застосування методів екстраполяції і інтерполяції ДЕ, що значно знижує точність одержуваних проектних рішень; відсутні методи автоматизованого визначення характеристик МЛА [3].

Формування характеристик МЛА виконується без урахування їх обтікання струменем двигуна і положення механізації МЛА, відсутні засоби реалізації адаптивного керування АДТ у процесі

ЕД, що також знижує якість прийнятих проектних рішень. Значним недоліком технології тензометричних ЕД є реалізація тільки стандартної обробки ДЕ, внаслідок чого дослідник виконує лише “обмежену” схему ЕД і не має можливості при необхідності вільно варіювати ДЕ і вносити в процес обробки певні корективи.

Комплекс робіт

Створення нової ІТ тензометричних ЕД в АДТ потребує виконання комплексу робіт, перелік яких наведено в таблиці [1; 3].

Комплекс робіт з реалізації ІТ

Функціональні задачі	Комплекс робіт
Керування ЕД	Модернізація ІОС, розробка методів і алгоритмів керування ЕД
Градуїровка АВТ і ТД	Розробка методу, алгоритму, прикладного ПЗ
Контроль і налагодження апаратури	Модернізація ІОС, розробка методів і алгоритмів контролю та обміну ДЕ
Експрес-аналіз ДЕ у РЧ	Розробка методів і прикладного ПЗ
Первинна обробка ДЕ	Розробка методів і прикладного ПЗ
Вторинна обробка ДЕ	Розробка методів, алгоритмів, прикладного ПЗ
Документування ДЕ	Розробка методу та засобів
Збереження ДЕ	Удосконалення технології
Передача ДЕ для проектування ЛА	Адміністрування мережі
Моделювання характеристик АВТ і ТД	Розробка методів, алгоритмів, прикладного ПЗ
Розрахунок характеристик АВТ	Розробка методів, алгоритмів, прикладного ПЗ

Дані системного аналізу тензометричних ЕД МЛА в АДТ з урахуванням відокремлених задач проблемної орієнтації дозволяють сформулювати такі вимоги до компонентів нової ІТ:

– забезпечити автоматизоване вирішення задач на всіх етапах ЕД і надійне функціонування компонентів системи;

– реалізувати єдиний інформаційний простір, підтримку адаптивних методів контролю і керування устаткуванням АДТ;

– реалізувати автоматичне знімання ДЕ, контроль, експрес-обробку ДЕ у РЧ, оперативне відображення і реєстрацію технологічних параметрів;

– забезпечити виявлення і реєстрацію відхилень параметрів від норми у РЧ, аналіз, пошук, вторинну обробку і документування ДЕ;

– реалізувати інтерактивний режим ведення ЕД ін.

Отримані результати досліджень є основою для визначення складу і структури основних компонентів ІТ і розробки методів їх проектування.

Висновки

Запропонований метод аналізу проектних досліджень дозволяє визначити етапи, місце і призначення методів ЕД і ЧД складних технічних об'єктів, зокрема і ЛА.

За допомогою аналізу докомп'ютерних і комп'ютерних ПД виявлені їх якісні відмінності і фактори ефективності.

Проблема створення ІТ тензометричних ЕД в АДТ базується на протиріччі між існуючими і необхідними методами і засобами ПД. Запропонований стратифікований метод аналізу тензометричних ЕД дозволяє сформулювати вимоги до компонентів майбутньої ІТ і перевірити її ефективність до реалізації.

Показано, що АВТ можна вважати дифузійною системою, і для виявлення їх реальних властивостей і ММ доцільно використовувати експериментально-статичні методи і методи МТПЕ.

У результаті системного аналізу встановлено, що існуюча технологія тензометричних ЕД в АДТ – це розосереджене виконання операцій і етапів ЕД, які при використанні ІТ можуть бути реалізовані в межах декількох РС. На цій підставі запропонована нова вдосконалена технологія ЕД в АДТ та сформульовані вимоги до функціонального наповнення ІТ як розробка інформаційних і керуючих груп функцій. Визначений комплекс робіт з їх реалізації.

Розроблені формалізовані засоби аналізу тензометричних ЕД дозволили запропонувати метод вирішення проектних задач засобами ІТ, яка гарантує якість характеристик ЛА.

Запропонована вдосконалена технологія тензометричних ЕД в АДТ є більш ефективною за рахунок зменшення терміну досліджень і якості кінцевих результатів (характеристики МЛА).

Систематизовані та уніфіковані вимоги до основних компонентів нової ІТ тензометричних ЕД в АДТ дозволяють реалізувати методи і засоби збору і обробки ДЕ.

Список літератури

1. Зінченко В.П. Інформаційна технологія проектних досліджень складних технічних об'єктів // Наук. вісті НТУУ "КПІ". – 2000. – № 4. – С. 32–42.
2. Информационные технологии в испытаниях сложных объектов: методы и средства / В.И. Скурихин, В.Г. Квачев, Ю.Р. Валькман и др. – К.: Наук. думка, 1990. – 320 с.
3. Системы автоматизации экспериментальных исследований в аэродинамических трубах / В.М. Египко, В.П. Зинченко, Б.Н. Белоусов и др. – К.: Наук. думка, 1992. – 264 с.
4. Египко В.М., Зинченко В.П. Методология проектирования инструментальных средств поддержки автоматизированных технологий сложных научно-технических экспериментов. – К., 1991. – 19 с. (Препр./ АН УССР. Ин-т кибернетики им. В.М. Глушкова; 91–46).
5. Зінченко В.П., Зінченко Н.П. Методика проектування внутрімодельних тензовагів// Вестн. НТУУ "КПІ": Машиностроение. – 1999. – Вып. № 34. – С. 319–328.
6. Зінченко В.П. Методологія проектування первинних джерел інформації// Наук. вісті НТУУ "КПІ". – 2001. – № 5. – С. 69 – 82.
7. Зінченко В.П., Зінченко Н.П. Математичне моделювання первинних джерел інформації з застосуванням програмної системи STATISTICA // Вісн. НАУ. – 2002. – № 4(15). – С. 137–143.
8. Зінченко В.П., Зінченко Н.П., Гуржій А.М. Дослідження характеристик установки для кругової продувки // Вісн. НАУ. – 2004. – №1(19). – С. 67–75.
9. Горлин С.М. Экспериментальная аэромеханика. – М.: Высш. шк., 1970. – 423 с.
10. Хеммельблау Д. Анализ процессов статистическими методами: Пер. с нем. – М.: Мир, 1973. – 975 с.
11. Процедуры комплексирования компонентов информационных технологий экспериментальных исследований моделей летательных аппаратов / В.П. Зинченко, И.П. Муха, А.И. Куляс и др. // Комп'ютерні засоби, мережі та системи. – 2002. – №1. – С. 92–100.

Стаття надійшла до редакції 24.12.04.

В.П. Зинченко, Н.П. Зинченко

Мониторинг тензометрических экспериментальных исследований

Выполнен анализ существующей организации тензометрических экспериментальных исследований моделей летательных аппаратов в аэродинамических трубах как объекта автоматизации. Предложена новая технология, сформированы требования к ее функциям и структуре.

V.P. Zinchenko, N.P. Zinchenko

Development of methods and means of the analysis of strain-gauge experimental researches

The analysis of the existing organization of strain-gauge experimental researches of models of flight vehicles in wind tunnels as object of automation is executed and the new technology is offered, and also requirements to functions of information technology and its structure are generated.